



Département Environnement Spatial (DESP)

ÉTUDE ET SIMULATIONS DES PHENOMENES D'INTERACTIONS SATELLITE/PLASMA ET DE LEURS IMPACTS SUR LES MESURES DE PLASMAS BASSES ÉNERGIES

Soutenance de thèse de Stanislas GUILLEMANT

13 février 2014 – 10 h 30

**Salle de Conférence de l'IRAP - Site Roche
9 avenue du Colonel Roche – 31400 Toulouse**

Devant le jury :

- Philippe LOUARN, directeur de thèse (IRAP - GPPS)
- Vincent GENOT, directeur des travaux (IRAP - GPPS)
- Jean-Charles MATEO VELEZ, directeur des travaux (ONERA - DESP)
- François FORME, examinateur (UPS)
- Richard MARCHAND, rapporteur (University of Alberta, Canada)
- Dominique DELCOURT, rapporteur (Ecole Polytechnique - CNRS)
- Bertrand LEMBEGE, examinateur (LATMOS - CNRS)
- Alain HILGERS, examinateur (ESA - ESTEC)

Résumé :

Les satellites scientifiques en vol sont immergés dans divers environnements spatiaux, entourés par différents types de plasmas qu'ils sont supposés analyser, en utilisant les instruments appropriés de types détecteurs de particules. La simple présence de cette structure dans le plasma conduit à une variété connue d'interactions satellites/plasma qui sont complexes, inter-corrélées et difficilement considérées dans leur ensemble. L'environnement spatial influence la structure du satellite (courants, charge électrostatique, radiations, etc) qui, en retour, affecte son environnement proche (émission de particules, attraction/répulsion du plasma ambiant, etc). Finalement, les instruments scientifiques embarqués sur les satellites mesurent un environnement local perturbé et il peut être difficile de distinguer le signal naturel des mesures biaisées.

Le but de cette thèse est d'étudier et d'améliorer la compréhension des interactions satellite/plasma, au moyen de simulations numériques multi-échelles effectuées avec le logiciel Spacecraft Plasma Interaction System (SPIS). Notre attention est portée sur le domaine des basses énergies (en dessous de la centaine d'électronvolts) puisque ce sont ces particules qui sont les plus affectées par les perturbations locales. Le but final est d'établir une méthodologie de configuration et de simulation des différentes problématiques liées aux satellites immergés dans des environnements spatiaux, permettant une analyse correcte des mesures plasma en identifiant l'environnement naturel non perturbé parmi les données d'instruments polluées et biaisées.

Pour atteindre cet objectif nous effectuons en premier lieu une étude paramétrique des interactions ayant lieu entre la sonde Solar Probe Plus et le plasma ambiant dans un environnement proche du soleil. Nous présentons les phénomènes ainsi générés tels que les gaines de plasma constituant des barrières de potentiel pour toutes les particules émises par le satellite et le potentiel électrostatique négatif de la sonde résultant, et expliquons leurs origines.

Le deuxième axe est l'extension de notre modèle Solar Probe Plus à des distances héliocentriques plus éloignées, permettant l'étude de la formation des gaines de plasma et des barrières de potentiel entre 0,044 UA du soleil et l'orbite terrestre. Cette étude permet de conclure qu'au périhélie de sa mission, à 0,28 UA du soleil, la mission Solar Orbiter sera concernée par des barrières de potentiel locales et de fortes perturbations au niveau de son instrument Electron Analyser System (EAS).

Troisièmement, nous procédons à une étude paramétrique d'un détecteur de particules soumis à diverses perturbations et comparons les résultats avec les mesures théoriques attendues. Cette méthode fournit une première quantification des différentes problématiques perturbatrices de mesures (comme les potentiels non nuls et les particules parasites).

Pour finir, nous présentons des simulations avancées de notre modèle Solar Orbiter et de son instrument EAS dans divers environnements, ainsi que les quantifications des biais produits par les interactions Solar Orbiter/plasma sur les mesures simulées d'électrons. Un autre cas concernant le satellite Cluster et son détecteur d'électrons embarqué est également détaillé, avec la comparaison des mesures simulées à des données réelles en vol. Le bon accord des deux jeux de données confirme la validité de notre méthode de simulation des interactions satellite/plasma.